

ARENISCAS SILÍCEAS. SU REACTIVIDAD POTENCIAL FRENTE A LA REACCIÓN ÁLCALI - SÍLICE (RAS)

O. Batic^{1,2}, P. Maiza^{3,4}, **S. Marfil**^{3,5}, L. Grecco^{3,4} y D. Falcone^{1,6}

1. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica. Comisión de Investigaciones Científicas - Calle 52 y 121,(1900), La Plata , Argentina.
2. Investigador Principal CIC-LEMIT- Profesor Universidad Nacional de La Plata
3. Profesor Dpto. de Geología – Univ. Nacional del Sur. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. Argentina. TE. 54-291-4595101 int. 3021. email: smarfil@uns.edu.ar.
4. Investigador CONICET – INGEOSUR
5. Inv. Independiente CIC de la Prov. de Bs. As. – INGEOSUR
6. Profesional Principal CIC-LEMIT- Docente Universidad Nacional de La Plata

RESUMEN

Es ampliamente conocida la reactividad potencial de una arenisca del Chaco frente a la RAS. Estudios recientes permitieron identificar afloramientos de areniscas, de características petrográficas similares, en las provincias de Corrientes, Entre Ríos e incluso en la República Oriental del Uruguay. Estas rocas trituradas usadas o mezclados con otros agregados son altamente reactivas aún en muy pequeñas cantidades de allí la importancia de su identificación y caracterización. Se han reconocido formando parte del agregado fino en pavimentos de hormigón deteriorados por RAS en la provincia de Corrientes y asociadas a partículas de basalto. En el presente trabajo se muestra un estudio de otro afloramiento de este tipo de roca a fin de evaluar su comportamiento frente a la RAS. Para ello se utilizaron los métodos de ensayo convencionales: petrografía (IRAM 1649), determinación de la sílice disuelta según lo establecido en el método de ensayo químico (norma IRAM 1650) y el método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674). Se puso especial énfasis en la identificación de especies fácilmente lixiviables en medio alcalino. Se identificaron calcedonia y variedades de sílice criptocristalinas como responsables del comportamiento deletéreo. La expansión medida utilizando el método acelerado, norma IRAM 1674, superó 0.3 % a los 16 días y 0.4 % a los 28 días. Luego de cumplido el tiempo de ensayo se realizaron estudios petrográficos sobre los morteros de las barras procesadas. Además se hicieron observaciones con estereomicroscopio y microscopía de polarización sobre secciones delgadas a fin de confirmar el origen de la reacción deletérea y evaluar la alteración de la microestructura del mortero.

Palabras Claves: Areniscas, sílice amorfa y/o criptocristalina, RAS, expansión, fisuras.

INTRODUCCIÓN

Existen en la naturaleza rocas, utilizadas como agregados para hormigón, que contienen variedades de sílice amorfa, cristalina o criptocristalina que pueden reaccionar con los álcalis (K y Na) presentes en la solución de poros del hormigón y producir reacciones deletéreas expansivas, que en poco tiempo comienzan a deteriorar las estructuras que integran.

En este trabajo se ha estudiado una roca sedimentaria calificada como arenisca procedente del sur de la Prov. de Corrientes, con cemento silíceo que podría ser potencialmente reactiva y desarrollar (RAS). Existen en nuestro país antecedentes de rocas similares reactivas que han provocado el deterioro en varias construcciones al cabo de poco tiempo [1-5]

Su ubicación en la columna estratigráfica surge al considerar la geología del área. Sintéticamente puede resumirse de la siguiente manera:

El basamento geológico de la región está constituido por un escudo proterozoico complejo que formó parte del gran continente de Gondwana desde tiempos proterozoicos.

A partir del paleozoico se depositaron una sucesión de rocas sedimentarias de grano fino de edad devónico-carbonífera, cubiertas con depósitos glaciales y glaciifluviales sedimentados en el Carbonífero Superior.

Por encima de estos sedimentos aflora la Fm Botucatú [6] de edad Triásico Superior-Jurásico Superior compuesta por potentes bancos de areniscas cuarzosas a cuarzo feldespáticas finas a muy finas, rojizas y friables, bien seleccionadas. El espesor en general es aproximadamente de 100 m. Domina la textura clástica con granos subredondeados a irregulares con pátinas de óxidos de hierro y material arcilloso, también como material aglutinante, muchas veces acompañado por sílice metaestable (ópalo y calcedonia) [7].

Por encima de estas areniscas e incluso en sectores, intercalado con ellas, afloran basaltos de la Formación Serra Geral [8] de edad Cretácico Inferior [9] integrada por basaltos toleíticos dispuestos en forma de coladas de color pardo rojizo grisáceo y negro y espesores variables entre 800 a 1100 metros. Sobre las coladas basálticas se deposita una sucesión de areniscas de edad Cretácico Superior que constituyen la Formación Yeruá [10, 11]. Los afloramientos más representativos de esta unidad se encuentran junto al río Uruguay, entre las localidades de Puerto Yerúa y Colón (Entre Ríos), con afloramientos menores sobre la margen izquierda del arroyo Yerúa. Está formada por areniscas cuarzosas de grano fino a mediano de color rosado con estratificación horizontal y entrecruzada. En la parte basal contiene gravas a bloques procedentes del basalto infrayacente y cantos rodados silíceos. Se la correlaciona con la Fm Guichón del Cretácico Superior del centro-oeste del Uruguay y con el Grupo Baurú del sur de Brasil.

La transición Cretácico - Terciario, en la zona de estudio que comprende el área localizada entre las ciudades de Curuzú Cuatiá y Mercedes, está representada por afloramientos discontinuos de areniscas cuarzosas de grano fino con muy poca cantidad de matriz, cemento silíceo, segregaciones férricas, calizas y calcretes. El cemento más abundante está compuesto por calcedonia, sílice criptocrystalina y ópalo (Formación Pay Ubre). Las muestras estudiadas se adjudican a esta formación.

Este tipo de rocas, por contener en su composición calcedonia con ópalo y/o cristobalita deben ser consideradas potencialmente reactivas. La reacción deletérea es del tipo normal o rápida, apareciendo las primeras manifestaciones de RAS (geles, expansiones y fisuras) en los hormigones que las contienen, según las condiciones ambientales, al año o antes. Otra situación a tener en cuenta, al ser usadas, es que pueden tener un comportamiento deletéreo cuando integran una pequeña proporción con respecto al total de los agregados y producir el efecto pessimum. En consecuencia cuando se debe utilizar un agregado de este tipo, o se halle diluido, se deben tomar precauciones a fin de evitar deterioros prematuros en las obras.

El estudio tiene por finalidad comprobar el comportamiento de esta roca frente a los álcalis cuando es usada como agregado para elaborar el hormigón.

MATERIALES

El material utilizado en el presente estudio fue obtenido de un afloramiento de areniscas a 10 km de la localidad de Curuzú Cuatiá, en proximidades de la ruta nacional N° 119, la potencia observada no supera los 5 metros sin aflorar la base. Presenta débil estratificación, fractura concoidal, compacta, muy bien cementada y de coloración gris rojiza.

Areniscas silíceas, similares a las que son motivo de este estudio se han encontrado en afloramientos en las provincias de Corrientes (este-noreste de Mercedes y al este y sur de Curuzú Cuatiá), Entre Ríos (Puerto Yerúa) y también en la República Oriental del Uruguay.

El cemento portland utilizado en los ensayos realizados es un CPN 40 con un contenido de 0.82% de álcalis equivalente expresado en Na₂O.

MÉTODOS

El estudio petrográfico mineralógico de la roca se realizó siguiendo lo especificado en la norma IRAM 1649 complementado con cortes delgados [12].

La determinación de la sílice disuelta se realizó según lo establecido en la norma IRAM 1650 [13]. Las muestras se trituraron hasta obtener una fracción representativa comprendida entre los tamices IRAM 600 µm y 300 µm, se colocaron en una solución de NaOH a 80° C durante 24 hs. Se tomó una alícuota, se llevó a pH ácido. La sílice disuelta se determinó por gravimetría.

La reactividad se determinó según el método acelerado de la barra de mortero, norma IRAM 1674 [14]. Se trituraron y cuartearon las muestras a fin de obtener una porción representativa para

realizar los ensayos. Con las fracciones procesadas se hicieron morteros con una razón a/c 0.47, en peso, se confeccionaron las barras, al término de 24 hs se colocan en agua a 80°C durante 24 hs para obtener la lectura de referencia y por último se sumergieron en una solución de hidróxido de sodio 1N a 80°C para medir la expansión hasta los 28 días.

La caracterización mineralógica y el estudio de los productos de neoformación en los morteros procesados se hicieron utilizando un microscopio de polarización Olympus B2-UMA trinocular y un microscopio electrónico de barrido, (JEOL JSM 35 CP equipado con una sonda EDAX).

RESULTADOS

Petrografía

La roca en estudio se puede clasificar como una arenisca cuarzosa constituida por partículas subredondeadas a irregulares equidimensionales de cuarzo, bien seleccionadas, con un tamaño promedio de 120 a 160 micrones (figura 1a), cementados por sílice criptocristalina, de bajo color de interferencia, fibrosa, con macla en forma de cuñas, e índice de refracción muy bajo (figura 1b). Se puede definir como una fase metaestable de sílice donde coexisten calcedonia, cristobalita y ópalo (figura 1c).

Son muy raras las partículas de la arenisca cuarzosa constituidas por cuarzo en mosaico y algunas por plagioclasa. En ningún caso su abundancia supera el 1 %. Es claro el contacto entre partículas y el relleno de los espacios intergranulares por los componentes silíceos mencionados

Ensayos físicos y químicos:

En la figura 1 se informan los valores de expansión desarrollados; al término de aproximadamente 5 días, superan el valor de 0.100 % y a los 10 días el 0.200% correspondiendo al comportamiento a un agregado de reacción normal o rápida.

En la tabla 1 se comparan los valores de expansión promedio a las edades de 16 y 28 días y la sílice disuelta determinada según lo establecido en la norma IRAM 1650.

Los valores de sílice disuelta son elevados, corresponden a agregados potencialmente reactivos si se los compara con resultados de trabajos previos [15-16].

Figura 1. Variación de la expansión en el tiempo

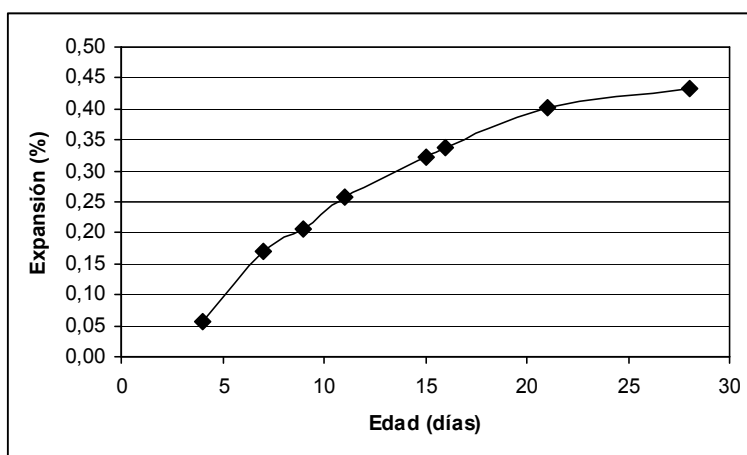


Tabla 1: Expansión en las barras de mortero y sílice disuelta.

Muestra	Sílice disuelta (mg)	Expansión % a la edad de	
		16 días	28 días
Arenisca cuarzosa	225.2	0.337	0.432

Estudios petrográficos sobre las barras de mortero

Estereomicroscopio

Los estudios con el estereomicroscopio se realizaron sobre trozos de morteros ensayados previamente según la norma IRAM 1674. Las observaciones se realizaron desde de la superficie de la barra hacia el núcleo.

Las partículas de agregados próximas a la superficie de la barra, muestran que el cementante de la roca ha sido totalmente eliminado, al extremo de presentarse como una arena natural. A medida que se avanza hacia el interior de la barra, se puede observar la presencia del cemento silíceo, pero si las partículas están próximas a fisuras, el fenómeno de lixiviación se intensifica.

Las cavidades de aire naturalmente incorporado del mortero están casi vacías, solo se observó una pátina translúcida dura, posiblemente ópalo o alguna variedad de sílice criptocristalina.

Las fisuras son muy abundantes, hay primarias (grandes, generalmente desarrolladas a 120° y parcialmente rellenas con cristales y material amorfo), secundarias (más delgadas), están relacionadas con las primarias y éstas a su vez se bifurcan generando un modelo semejante a la fisuración en forma de mapa.

En la figura 1d se muestra la arenisca sin su cementante, por lo que las partículas de cuarzo están sueltas, asemejándose a una arena natural.

En la figura 1e la partícula del agregado se ubicaba a 3 mm de la superficie. Si bien está afectada por la lixiviación, aun conserva algo del cementante.

En la figura 1f se observa la arenisca donde los clastos aún están cementados, similar a la roca original. Esta partícula se ubica en el centro de la barra.

Microscopía de polarización

Los estudios se realizaron sobre barras de mortero que contienen la arenisca de “Mercedes” (Prov. de Corrientes), luego de ser ensayadas según IRAM 1674 durante 28 días. Se observa que el material cementiceo tiene su textura y composición totalmente modificada.

Son abundantes las fisuras que afectan a los componentes litológicos y al mortero. Las partículas del agregado tienen lixiviado el cemento silíceo y esta sílice se deposita principalmente en las cavidades de aire naturalmente incorporado.

En la figura 2a se muestra una partícula de la arenisca (ar) cuyo núcleo ha sido eliminado, solo se conserva el sector periférico. El mortero exterior tiene su textura totalmente modificada. Las cavidades de aire naturalmente incorporado están colmatadas por sílice criptocristalina, observadas con luz paralela.

En la figura 2b se muestran dos partículas de la arenisca (ar) con su cemento silíceo modificado y afectado por fisuras (f).

En la figura 2c se puede observar dos cavidades de aire naturalmente incorporado (p) colmatadas por sílice criptocristalina (sc). El cemento silíceo y la matriz de las partículas de areniscas y el mortero presentan su textura totalmente obliterada.

En la figura 2d se observa una partícula de arenisca (ar) donde un sector del cementante (c) conserva sus características litológicas originales, mientras que el sector (mo) ha perdido las características texturales y mineralógicas originales.

En la figura 2e se muestra un detalle de una cavidad (p) rellena por bandas concéntricas de sílice con distinto desarrollo cristalino. En la capa más externa (ex) la sílice tiene muy bajo color de interferencia, pero su desarrollo cristalino es mayor. Sus características ópticas permiten identificarlo como cristobalita. El núcleo es prácticamente amorfo (ópalo). Hay impurezas clásticas en el sector interno (in). El mortero que rodea esta cavidad tiene su estructura original modificada.

En la figura 2f se muestra la textura del cementante de la arenisca. Su estructura ha sido modificada por la formación de productos de la reacción deletérea, los granos de cuarzo de la arenisca conservan su zona periférica y muestran su morfología.

SEM –EDS

Se estudió la microestructura de las barras de mortero procesado utilizando el microscopio electrónico de barrido para observar indicios de la reacción deletérea principal, la alteración del cemento silíceo y geles de la reacción. En la figura 3a se muestra el material de neoformación en el interior de una cavidad de aire naturalmente incorporado. Utilizando EDS se determinó la presencia de Si, Al, O, Ca, Na y Cl (figura 3b) que muestra una composición similar a la de los geles de la RAS [5].

En la figura 3c se observan los granos de cuarzo de la arenisca parcialmente cementados. El análisis por EDS muestra principalmente las reflexiones de Si y O correspondiente a las partículas de cuarzo que integran a la arenisca con algo de Na y Ca que corresponde al cemento silíceo (figura 3d).

En las figuras 3e y 3f se ve la arenisca que ha perdido parte del cemento silíceo, como consecuencia del ataque alcalino, además se pueden observar los granos de cuarzo sin cementante.

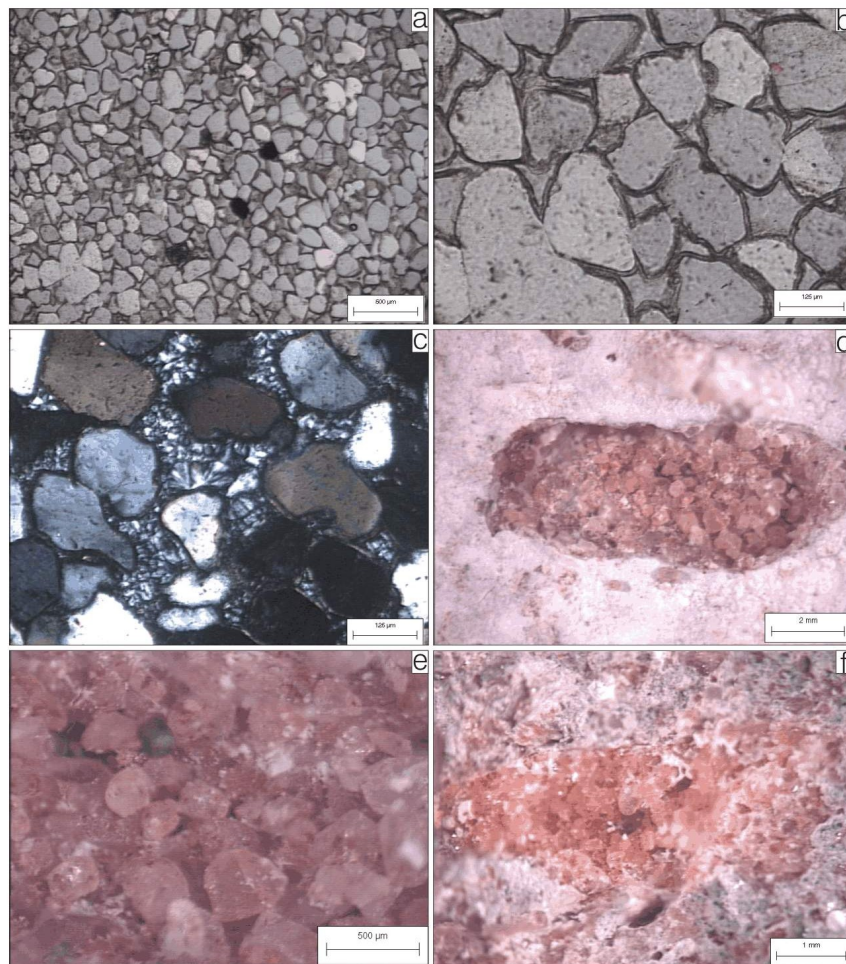


Figura 1: a. Arenisca cuarzosa constituida por partículas subredondeadas a irregulares equidimensionales de cuarzo. b. Detalle del cemento entre los granos de cuarzo. c. Cemento constituido principalmente por sílice criptocristalina. d. Arenisca de la barra de mortero sin el cemento. e. Lixiviación parcial del cemento de la arenisca. f. Partícula del interior de la barra: conserva la composición original y la textura de la roca.

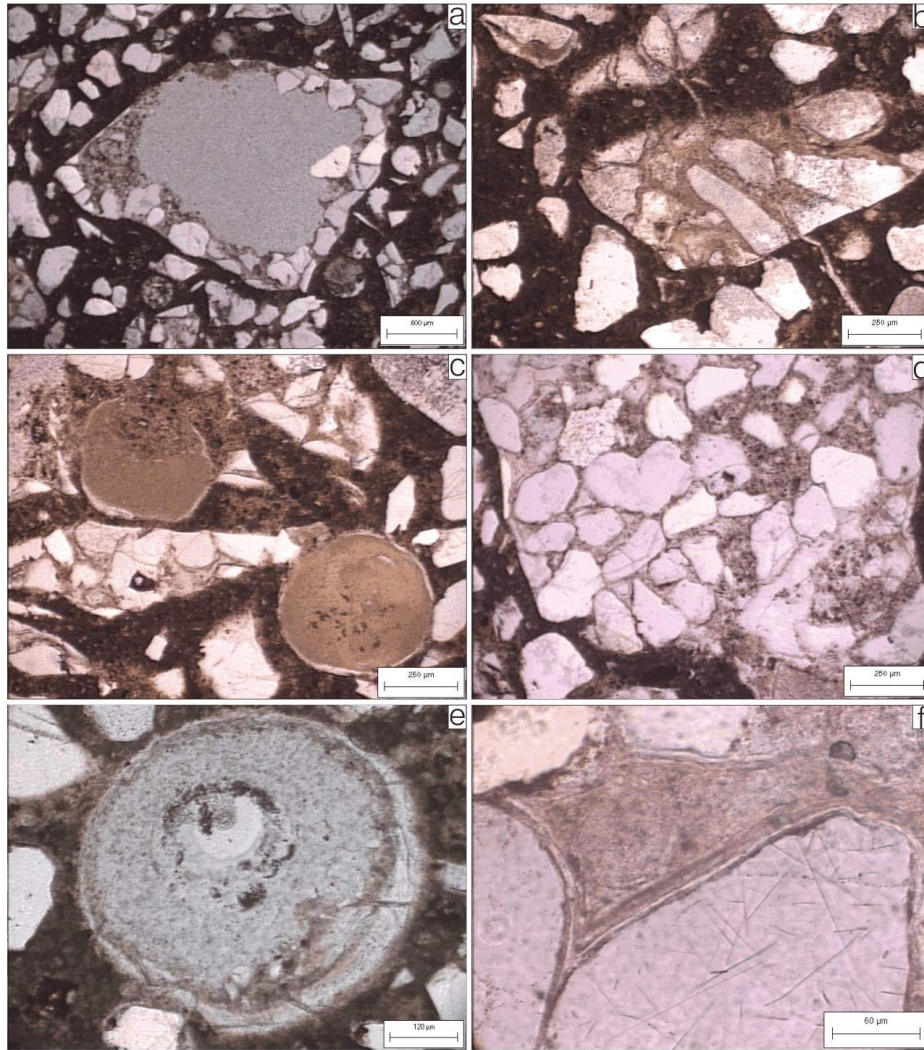


Figura 2: a. Partícula de arenisca cuyo núcleo ha sido lixiviado. b. Sector del mortero con microfisuras. c. Cavidades de aire naturalmente incorporado colmatadas por sílice criptocrystalina. d. Partícula de arenisca afectada parcialmente por los procesos de reacción. e. Detalle de una cavidad de aire naturalmente incorporado parcialmente rellena por sílice. f. Detalle de la textura del cemento de la arenisca, con bandas de crecimiento y cristalización de distintas formas de sílice.

CONCLUSIONES

Este trabajo se realizó con el fin estudiar el comportamiento de una arenisca procedente de la provincia de Corrientes, frente a la reacción álcali sílice. Las principales conclusiones son:

- El cemento de la arenisca está constituido por calcedonia, cristobalita, ópalo y cuarzo criptocrystalino, minerales potencialmente reactivos frente a los álcalis.
- La sílice disuelta determinada, aplicando el método de la norma IRAM 1650, es elevada, por lo que se prevé una reacción deletérea.
- El desarrollo de la reacción en el tiempo como también los valores máximos de expansión indican que la arenisca es potencialmente reactiva; la cinética de la reacción desarrollada corresponde a agregados de reacción normal o rápida. Cuando las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa) son favorables, la patología producida por este agregado se manifestará al poco tiempo de construida la obra de hormigón, en ocasiones antes del año.

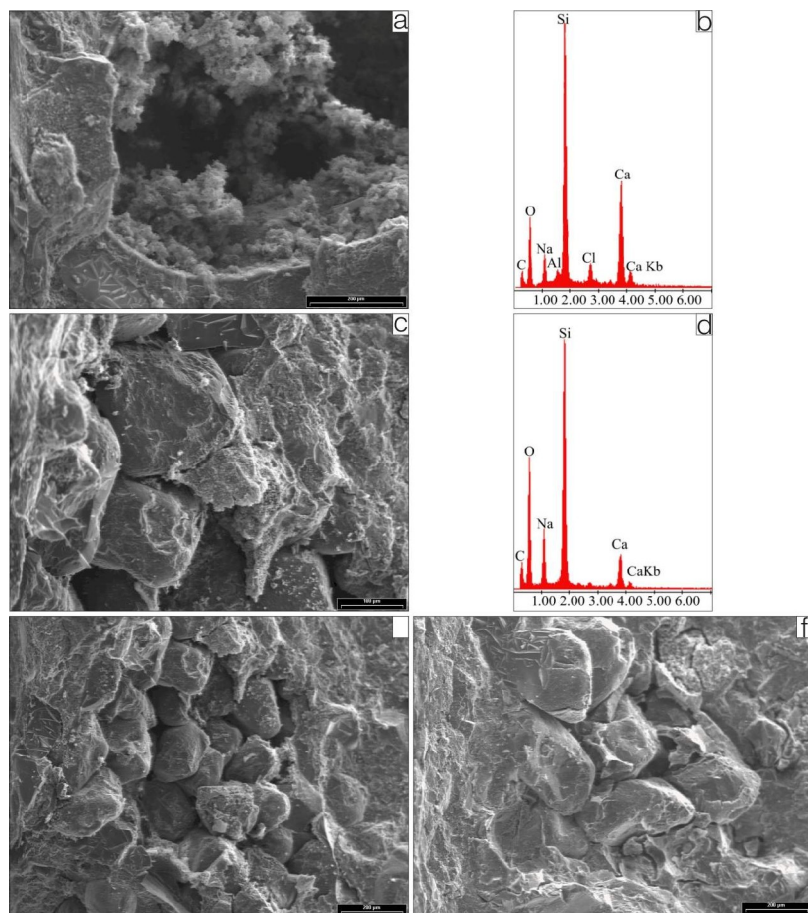


Figura 3. Observaciones realizadas con SEM. a. Producto de neoformación en el interior de una cavidad de aire naturalmente incorporado. b. EDS de la imagen 3a. c. Granos de cuarzo de la arenisca con relicto del cemento. d. EDS del material cementante. e y f. Sectores de la arenisca donde ha sido eliminado el cemento.

- Los resultados obtenidos con los tres métodos de estudio son coherentes para calificar a este agregado como potencialmente reactivo frente a los álcalis.
- Se debe prever que esta arenisca mezclada en diferentes proporciones con otros agregados no reactivos puede potenciar las reacciones expansivas (efecto pessimun).
- Cuando sea necesario utilizar esta roca como agregado se deberán realizar estudios tecnológicos previos a fin de evitar que se produzca la RAS; con la disminución de la vida útil de la obra y la demanda de reparaciones costosas no contempladas en el proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional del Sur, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires y al CONICET por el apoyo brindado y al Sr. Rodolfo Salomón por su colaboración en la preparación del presente trabajo.

REFERENCIAS

1) Batic, O.R., Cortellezzi, C. R., Pavlicevic R. y Traversa, L. P., “Geotecnología de las areniscas del noroeste de la Provincia del Chaco, República Argentina”, 2da Reunión sobre temas de Geología Aplicada a la Ingeniería. ENGEOL, Córdoba, 1991.

- 2) Batic, O. R., Cortellezzi, C. R., Pavlicevic, R. y Traversa, L. P., “Caracterización tecnológica de las areniscas cementadas con calcedonia y ópalo del noroeste de la Provincia del Chaco”, XII Reunión Técnica de la AATH, La Plata, pp 191-198, 1995.
- 3) Klaric, M. y Galuppo, J., “Determinación de la calidad del hormigón de estructuras ya construídas. Posibilidades y limitaciones.”, III Reunión Técnica de la AATH, Concordia, Tomo IV, pp 29-38, 1977
- 4) Batic, O. R., Sota, J. D. y Serrani, H., “Estudio de las posibles causas de deterioro del hormigón de la pista de aterrizaje y zona de servicio del aeropuerto de Camba Punta”, Corrientes, 1983.
- 5) Batic, O. R., Sota, J. D., Cortellezzi, C. R. y Maiza, P., “Observaciones realizadas en los productos de alteración obtenidos en hormigones afectados por la reacción álcali-agregado”, Colloquia 85, VII Reunión Técnica de la AATH, Tomo I, pp 275-289, 1985.
- 6) Herbst, R., “Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina”, Revista de la Asociación Geológica Argentina 24:2, pp 221-243, 1971.
- 7) Aceñolaza F.G., “Geología y recursos Geológicos de la Mesopotamia Argentina.” Serie Correlación Geológica 22, Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO), 2007.
- 8) White, I.C., “Relatorio final da Comissao de Estudos da Minas de Carvao de Pedra do Brasil.” Relatorio sobre “Coal Mesures e rochas asociadas do Sul do Brasil, Parte I Geología, pp 300, 1908.
- 9) Linares, E. y González, R. “Catálogo de edades radimétricas de la República Argentina:1957-1987.” Publicación Especial, Serie B (Didáctica y Complementaria), Asociación Geológica Argentina, 19. Buenos Aires, 1990.
- 10) Gentili, C. y Rimoldi, H., “Mesopotamia” en J. Turner (ed.): Geología Regional Argentina, II Simposio Geología Regional Argentina, Córdoba, Vol. I, pp 185-223, 1979
- 11) Chebli, G., Tófaló, O y Turazzini, G., “Mesopotamia” en Chebli, G y Spalletti, L. (eds): Cuencas Sedimentarias Argentinas, Instituto Superior de Correlación Geológica ,6:65-78, 1989
- 12) IRAM 1649. “Examen petrográfico de agregados para hormigón”, 2008.
- 13) IRAM 1650. “Reactividad alcalina en áridos. Método de ensayo químico”, 1968.
- 14) IRAM 1674. “Agregados. Determinación de la reactividad alcalina potencial. Método acelerado de la barra de mortero”, 1997.
- 15) Maiza, P., Batic, O. R., Marfil, S. y Sota, J. D. “Reactividad alcalina potencial de rocas riolíticas como agregados para hormigón”, XV Reunión Técnica de la AATH, Santa Fé, soporte electrónico, 2003.
- 16) Maiza, P., Batic, O. R., Grecco, L., Marfil, S. y Sota, J. D., “Rocas volcánicas de la Patagonia: su comportamiento frente a la RAS”, XVI Reunión Técnica de la AATH, Mendoza, pp 233-240, 2006.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.